COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 12 AVRIL 1887.

PRÉSIDÉE PAR M. JANSSEN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les relations qui existent entre les cyclones, et les orages ou les tornados contemporains;* par M. H. Faye.

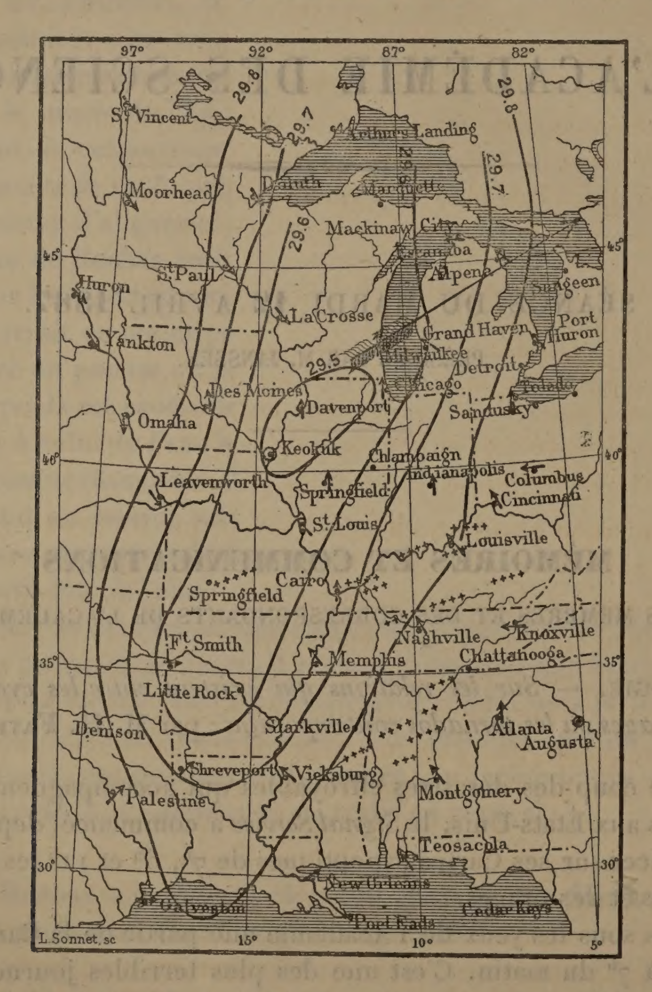
« Sous le coup des désastres effroyables qui accompagnent le passage des cyclones aux États-Unis, le *Signal Service* a commencé, depuis quelque temps, à tracer sur ses Cartes synoptiques de 7^h, 3^h et 11^h les trajectoires des tornados et des orages.

» Je mets sous les yeux de l'Académie une partie de la Carte du 19 février 1884 à 7^h du matin. C'est une des plus terribles journées de cette année : elle n'a pas compté moins de 44 tornados qui ont tué 800 personnes, en ont blessé 2400 et détruit 10000 maisons ou bâtiments divers, réduisant à la misère de nombreuses familles. L'année 1884 compte une quarantaine de cyclones; ces cyclones ont amené 180 tornados : le bilan des désastres de cette année est effrayant (1).

» L'inspection de ces Cartes a révélé aux officiers du *Signal Service* un

(1) J.-P. Finley, *Professional Papers of the Signal Service*, n° XVI, 1885.

fait ou, pour mieux dire, une loi capitale, à savoir que ces tornados sont tous reliés aux cyclones correspondants et s'y produisent dans une région particulière à laquelle ils ont donné le nom d'*octant dangereux*. Après avoir examiné moi-même ces précieux documents, je crois pouvoir for-



muler ainsi les relations qui existent entre les tempêtes, d'une part, et, de l'autre, les tornados, les orages, les grêles qui les accompagnent :

» 1° Les tornados ou trombes, les orages et les grêles sont de simples épiphénomènes greffés sur les cyclones.

» 2° Leurs trajectoires n'ont en général de rapport, aux États-Unis, ni avec les isobares, ni avec les flèches du vent.

» Ces trajectoires, relativement courtes, sont parallèles aux immenses trajectoires des cyclones à l'instant où ces fléaux locaux se produisent.

» 4° Elles sont toutes situées sur le flanc droit du cyclone en une région que nous déterminerons ultérieurement.

» Ce n'est pas là une découverte nouvelle : elle date de la création, en 1864, du service météorologique international à l'observatoire de Paris, sous la direction de M. Le Verrier. M. Marié-Davy, à qui nous la devons, avait peine d'abord à l'admettre, ou du moins à l'énoncer sans restriction, car il croyait alors, comme tout le monde, que les orages étaient des phénomènes locaux, nés de quelque rupture d'équilibre dans les basses couches de l'atmosphère en un lieu donné. Néanmoins la citation suivante, que j'extrais de son remarquable *Traité de Météorologie générale* (2e tirage, p. 513), est d'une netteté parfaite :

» Presque toujours, cependant, dans nos pays, les orages ont un caractère plus général : ils apparaissent sur le pourtour d'un disque tournant (un cyclone), à une certaine distance du centre..., et ils se propagent sur de longues distances, parallèlement à la route parcourue par le centre du disque tournant.

» Il faut bien distinguer ces tores orageux des trombes locales qui y naissent fréquemment et qui ne sont qu'un fait accidentel produit en un point d'un mouvement plus général et plus étendu.

» Il n'y manque que deux choses, à savoir que les trombes ou tornados marchent, aussi bien que les orages, parallèlement à la trajectoire du cyclone, et que ces épiphénomènes se produisent invariablement sur la droite de cette trajectoire. La découverte de M. Marié-Davy a été bien longtemps négligée; elle serait restée dans l'oubli si la nature n'avait frappé coup sur coup d'effroyables désastres aux États-Unis où les tornados sont bien plus fréquents que chez nous. Je vais tâcher d'en rendre compte et de montrer que, si ces redoutables phénomènes sont en opposition avec les théories actuelles qui ont détourné l'attention des observateurs sur des questions de bien moindre importance, ils reçoivent de la mienne une explication toute naturelle.

» Pour éviter toute confusion, je commencerai par distinguer deux phases dans l'histoire des cyclones, bien que les modifications qu'ils subissent dans le cours de leurs longues trajectoires s'opèrent d'une manière continue.

» 1° *Phase tropicale.* — C'est celle que j'avais principalement en vue dans la Note précédente, celle où la trajectoire est dirigée vers l'ouest en s'infléchissant de plus en plus au nord. Là, le mouvement de translation est peu rapide. Près de l'origine, entre 5° et 10° de latitude, la vitesse est de $0^m,5$ à 2^m par seconde; entre 20° et 21°, elle monte en moyenne à 4^m et va ainsi en croissant, à mesure que le cyclone s'éloigne de l'équateur.

Quant à la vitesse de giration maximum, celle qu'on observerait près du calme central, les marins l'évaluent de 60^m à 75^m par seconde. On l'a mesurée à Manille et elle s'est trouvée de 54^m. Ces nombres suffisent pour montrer que les flèches de vent ne sont pas sensiblement influencées, sauf sur les bords, par le mouvement de translation et par les vents généraux. L'angle sous lequel le vent coupe les isobares est sensiblement nul, tandis que, dans l'ancienne théorie, il devrait être voisin de 90°, et les isobares elles-mêmes dessinent sur le sol, comme le vent, un édifice cyclonique non encore déformé. Les grands mouvements tournants sous ces latitudes ne manquent pas certes d'orages, de trombes ou de tornados, mais les documents nous font défaut.

» 2° *Phase des pays tempérés.* — Elle répond à la seconde branche de la trajectoire qui s'incline généralement vers le nord-est, à partir du 30e ou du 35e degré de latitude.

» Sur cette branche voyagent les cyclones qui, après avoir été étudiés aux États-Unis, nous sont signalés trois ou quatre jours d'avance par le télégraphe. La vitesse de translation est bien plus considérable : elle est de 12^m à 15^m par seconde, du moins en Amérique. Le cyclone, qui n'a cessé de s'élargir depuis son origine, prend ici des proportions énormes; le calme central acquiert parfois une douzaine de lieues de diamètre. La vitesse autour de l'axe diminue, et, comme les girations ont besoin d'un temps plus long pour descendre sur le sol, l'embouchure supérieure du cyclone prend de l'avance sur son pied; bien que chaque spire reste horizontale, la série de leurs centres, qui formait d'abord l'axe vertical du cyclone, s'incline peu à peu sur l'horizon. La pression barométrique n'en diminue pas moins sous cet édifice déformé de girations rapides, mais les courbes isobares n'ont plus l'allure circulaire de la phase précédente; elles s'allongent généralement dans le sens du mouvement de translation et n'ont plus de rapport direct avec les girations toujours à peu près circulaires du cyclone. Quant aux flèches du vent, là où les spires du cyclone frappent le sol, ce sont les résultantes de plusieurs vitesses, celle de la giration et celle de la translation, singulièrement modifiées elles-mêmes par les accidents du terrain. C'est à cette phase que se rapportent les remarquables phénomènes de segmentation par lesquels un tourbillon, démesurément agrandi, tend à se subdiviser en plusieurs tourbillons bientôt indépendants.

» Il y a plus, dans les régions tempérées, le passage d'un minimum barométrique ne donne pas toujours lieu à une tempête, bien qu'il indique toujours un vaste mouvement tournant dans les régions supérieures. C'est

qu'alors le cyclone ne descend pas jusqu'au sol, circonstance qui ne surprendra pas si l'on considère que d'autres mouvements giratoires bien plus petits, les trombes et les tornados, passent aussi fréquemment au-dessus du sol sans le toucher, tant que la giration n'y est pas assez intense pour que le mouvement de descente se produise jusqu'en bas. Au-dessous de ces cyclones, les variations du baromètre continueront à enregistrer les girations qui se tiennent dans les hauteurs, et les vents régnants continueront à souffler au ras du sol, comme si rien d'insolite ne se produisait au-dessus d'eux. Ainsi, dans la phase qui nous occupe, les isobares n'ont qu'une relation fort indirecte avec les flèches du vent, et parfois elles n'en auront aucune.

» De là la question : Si les girations ne sont représentées dans cette phase ni par les isobares, ni par les flèches du vent, où et comment en retrouvera-t-on la trace?

» La réponse à cette question va nous être donnée par les phénomènes et les lois que nous avons rapportés en commençant. Les trombes et les tornados, qui se forment si fréquemment dans la seconde phase, du moins aux États-Unis, descendent sur le sol et y tracent leurs trajectoires par d'épouvantables dévastations. Or ces tourbillons secondaires, quelque petits qu'ils soient par rapport au cyclone générateur, doivent naître, comme celui-ci, dans un courant supérieur (relié au cyclone) non plus à la hauteur des cirrus, mais à celle des nuages. Si l'air inférieur, amené sur la contrée par un vent bien antérieur à l'apparition du cyclone, est chaud et humide, les nuages ne manqueront pas sous l'action refroidissante des spires chargées de cirrus.

» Dans ces circonstances, si favorables d'ailleurs à la production des averses, du tonnerre et de la grêle, on verra pendre des nues une sorte de poche nébuleuse qui s'allongera en descendant sous la forme d'un entonnoir. C'est un *tornado*. Bientôt il touchera terre, il commencera ses ravages et dessinera sur le sol le courant supérieur d'où il est parti. D'ailleurs, cette trajectoire coupera, sous un angle quelconque, la direction du vent régnant. Après avoir parcouru 10, 15, 20, ... lieues, le tornado remontera dans les nuées et finira par s'effacer. Il faut donc se demander dans quelle partie d'un cyclone ne touchant pas terre l'air, abandonné à la partie inférieure sur tout son pourtour, peut acquérir, sur une étendue de quelques lieues, les allures d'un fleuve aérien. La loi déjà énoncée nous apprend que c'est au flanc droit du cyclone, là où la tangente aux spires est parallèle à la trajectoire centrale. Et, en effet, si l'air amené en bas s'échappe tumultueusement du cyclone sans former de courant, il doit y avoir excep-

tion en ce point. Là, l'air expulsé a la vitesse maximum, puisque la vitesse de translation s'ajoute à celle de rotation; là, cet air reçoit sans cesse de nouvelles impulsions à mesure que le cyclone marche, et ces impulsions, toujours de même sens, peuvent finir par créer un courant, une sorte de fleuve aérien parallèle à la trajectoire du centre, fleuve qui durera tant que la spire considérée n'aura pas subi de déformation. Partout ailleurs, et spécialement dans le demi-cercle maniable, cet ensemble de conditions ne se retrouvera pas réalisé. Sur les Cartes synoptiques ainsi complétées, on aura donc, à chaque tornado, une petite ligne tangente à quelque spire en un point très rapproché du rayon perpendiculaire à la trajectoire.

» Reportons-nous à la Carte synoptique du 19 février, à 7^h du matin. Le cyclone ne devait pas être bien énergique, car la baisse barométrique n'a guère dépassé 7^{mm}. Très probablement il n'a même pas touché terre à cet instant, en sorte que les vents marqués sur la Carte n'appartenaient pas, en général, à une tempête, mais à des vents antérieurs venant en partie du golfe. Les isobares, extrêmement allongées dans le sens nord-sud, ne répondent pas davantage à l'idée d'un mouvement circulaire. La grande flèche tracée sur la figure donne la trajectoire du centre telle qu'elle m'a paru résulter de la journée entière. On voit avec quelle fidélité les trajectoires de ces 12 tornados du matin reproduisent la direction de cette flèche. Elles nous donnent évidemment la projection de courants partiels engendrés par une série de spires diversement éloignées du centre, précisément aux points où leur circularité primitive n'a pas dû être altérée par un rapide mouvement de translation. Ces trajectoires n'ont d'ailleurs aucun rapport de figure avec les isobares ou avec les flèches du vent. Les trois Cartes synoptiques de la journée, à 7^h, 3^h de l'après-midi et 11^h, comprennent 44 trajectoires de ce genre : aucune d'elles ne fait exception [1]. Les 180 trajectoires des tornados de l'année entière conduisent aux mêmes résultats et démontrent de la même manière que si, sous les tropiques, les isobares et les flèches du vent représentent également bien les girations circulaires des cyclones, il n'en est plus ainsi, en général, dans les pays tempérés. Il faut donc renoncer à chercher, dans la déviation des flèches de vent par rapport aux isobares, la preuve de l'existence d'une force centripète. Cette déviation a une signification toute différente, ainsi qu'on aurait pu s'en

---

[1] Cependant, sur la Carte de 7^h que nous avons reproduite ci-dessus, le tornado placé sur Springfield se trouve trop à gauche; je crois que c'est là une faute du graveur américain, car je n'ai pas pu retrouver ce tornado dans la liste de ceux du 19 février.

apercevoir depuis longtemps en voyant l'insuccès des tentatives qu'on a faites pour en déterminer la valeur moyenne aux diverses latitudes.

» Pour compléter ma théorie, et en particulier ce que j'ai dit de la grêle dans ma Notice de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1877, il faudrait revenir sur les trombes internubaires formées à un étage bien supérieur à celui des tornados. Ces trombes, où s'engendrent des torrents d'électricité par le fait du mouvement des masses d'air à des tensions différentes, les averses locales et les grêles souvent massives, sont tout aussi bien liées aux cyclones que les tornados ; mais, tandis que ceux-ci descendent jusqu'au sol, les premières s'arrêtent en général aux régions assez basses où les tornados prennent naissance. C'est ainsi que ces derniers ne se rencontrent guère dans les régions montagneuses, tandis que les trombes supérieures franchissent parfois les chaînes de montagnes, avec leurs cyclones, et y sèment la grêle tout autant que dans les pays plats.

» Il me faudrait aussi aborder les phénomènes des aires de haute pression auxquelles on a donné le nom d'*anticyclones*. Par cela seul que ces aires ne se meuvent pas, ou ne se déplacent qu'avec une lenteur excessive en se déformant plutôt qu'en marchant, on peut affirmer qu'elles n'ont rien de cyclonique. Je me bornerai ici à protester contre le rôle qu'on leur attribue aujourd'hui, d'après lequel les cyclones émettraient en haut des gerbes d'air chargé de cirrus, qui retomberaient plus tard sur le sol en passant par des anticyclones.

» En résumé, si un cyclone doit être conçu désormais comme un édifice compliqué de mouvements rapides, portant à son flanc droit de véritables colonies de tornados destructeurs et d'orages avec leurs tonnerres, leurs grêles et leurs averses, et franchissant ainsi les continents et les mers, il faut remarquer qu'au fond il n'y a là en jeu qu'une loi simple de la mécanique des fluides, celle qui préside à la formation des tourbillons au sein de courants préexistant dans les régions supérieures. Les effets mécaniques produits au ras du sol, dans une atmosphère calme, ne surprendront pas si l'on remarque qu'ils sont empruntés à la force vive de ces vastes courants allant de l'équateur vers les pôles. De même l'étonnante variété des effets physiques tient simplement à ce qu'une giration descendante suffit pour mettre en contact et à mouvoir énergiquement, comme dans nos machines électriques, des airs appartenant à des couches très distantes, avec leurs différences de température, d'eau congelée en aiguilles ou à l'état de vapeurs et de tension positive ou négative. »

BOTANIQUE. — *Nécessite de la réunion des canaux sécréteurs aux vaisseaux du latex;* par M. A. Trécul.

« Il m'a été reproché plusieurs fois, et dernièrement encore, de réunir sous le nom de *latex* le contenu des laticifères et le produit des canaux sécréteurs. Cette réunion est pourtant bien naturelle. Voici pourquoi : les anciens botanistes ont appelé *latex* tous les liquides colorés (blancs, jaunes, orangés ou rouges) qui sortent des tranches ou des blessures que l'on fait subir à certains végétaux. J'ai cru devoir nommer *laticifères* ou *vaisseaux du latex* tous les organes qui renferment ces liquides, quelle que soit leur structure : ceux qui ont une membrane propre et ceux qui n'en ont pas, ces derniers étant limités par une ou quelques rangées de cellules spéciales. Je me crus surtout autorisé à effectuer cette réunion par la similitude des propriétés physiques et physiologiques des sucs contenus dans les deux sortes d'organes. Ce sont ces propriétés que je veux examiner dans cette Communication.

» En ce qui concerne la constitution des organes, j'ai distingué des laticifères consistant : 1° en cellules isolées; 2° en séries simples de cellules superposées, qui ne communiquent pas entre elles par des ouvertures dans la paroi transversale; 3° en séries simples de cellules superposées qui communiquent entre elles par des ouvertures; 4° en séries simples de cellules d'abord distinctes, qui se fusionnent ensuite en un tube continu, sans laisser trace de leur origine multicellulaire; de tels tubes peuvent communiquer entre eux de trois manières : *a*, quand les séries de cellules constituantes formaient des réticulations, les tubes s'abouchent par leurs extrémités; *b*, quand les tubes sont contigus latéralement, ils communiquent quelquefois entre eux directement par des ouvertures pratiquées dans leurs parois latérales; *c*, quand les tubes sont écartés, ils peuvent émettre, sur leurs côtés, des rameaux dont l'extrémité s'abouche avec celle d'autres rameaux semblables, venant de laticifères voisins ou plus ou moins éloignés; 5° en cellules tubuleuses spéciales, qui s'allongent et se ramifient indéfiniment, tant que la plante s'accroît, sans constituer de réseau; 6° en cavités globuloïdes, elliptiques ou oblongues, limitées par des cellules particulières; 7° en longs canaux souvent réticulés, dont la paroi est d'ordinaire formée par une ou quelques rangées de cellules spéciales; 8° à ces diverses formes on peut encore ajouter des canaux qui résultent de la résorption des membranes de certains groupes ou faisceaux de cellules, quand la résorption n'est pas due à un état pathologique de la plante.

» Voilà, en peu de mots, la constitution des parois des laticifères, pris dans le sens le plus général. Voyons maintenant les raisons qui militent en faveur de la réunion des deux sortes de tubes ou canaux sous le nom commun de *vaisseaux du latex*. C'est : 1° que la distribution des *canaux* dits *sécréteurs* est analogue à celle des laticifères pourvus d'une membrane; 2° que les tubes ou canaux des deux sortes sont également *sécréteurs;* 3° que le contenu des canaux sans membrane a les propriétés physiques du latex; 4° que les propriétés physiologiques du suc sont semblables aussi dans les deux catégories d'organes.

» *Distribution des canaux sécréteurs.* — 1° Les racines peuvent n'en avoir que dans l'écorce, ou bien dans l'écorce et dans le corps cellulo- ou fibro-vasculaire simultanément; 2° dans les tiges, ces canaux peuvent exister : *a*, dans l'écorce seulement; *b*, dans l'écorce et dans la moelle à la fois; *c*, dans l'écorce, dans le bois et dans la moelle; *d*, dans la moelle seulement; 3° dans les feuilles et dans les inflorescences, ils occupent aussi des positions variables.

» Je dois mentionner tout de suite que dans l'écorce de la tige des *Zanthoxylum Pterota*, *Z. fraxineum*, *Ptelea trifoliata*, etc., l'oléorésine est contenue dans des cavités globuloïdes, elliptiques ou oblongues, entourées de quelques rangées de cellules comprimées. Ces cavités peuvent être mises en parallèle avec les cellules laticifères isolées, que l'on observe dans les organes souterrains des *Sanguinaria*, *Glaucium*, *Macleya*, etc., et cela avec d'autant plus de raison que, dans la racine du *Ptelea trifoliata*, l'oléorésine est contenue dans des cellules isolées, éparses, semblables par leur forme, leur dimension, l'épaisseur de leur membrane, aux cellules environnantes qui sont remplies d'amidon. Il en est de même dans la racine du *Zanthoxylum fraxineum;* seulement, les cellules à oléorésine y sont beaucoup plus grandes que celles du parenchyme qui les entoure.

» Quand les canaux sécréteurs existent à la fois dans l'écorce et dans la moelle, on voit très souvent ceux de cette moelle reliés avec ceux de l'écorce à travers les rayons médullaires, et surtout à travers l'espace cellulaire produit par l'écartement des faisceaux vasculaires qui vont aux feuilles, et là ils peuvent aussi s'unir à ceux de la feuille et du bourgeon (*Ægopodium Podagraria*, *Opopanax Chironium*, *Ferula tingitana*, *Buplevrum fruticosum*, *Aralia chinensis*, *Hedera regnoriana*, *hibernica*, *Clusia grandiflora*, *rosea*, *Rhus semialata*, *typhina*, *glauca*, *viminalis*).

» En ce qui concerne le *Rhus viminalis*, n'ayant rappelé, dans ma Communication du 3 janvier, que la disposition toute particulière des canaux sécréteurs des rameaux de trois à cinq ans, qui vont de l'écorce dans le

bois sans atteindre la moelle, je crois utile de recommander à l'attention ce qui existe dans les rameaux plus jeunes, c'est-à-dire le passage remarquable des canaux de la moelle dans l'écorce (*Comptes rendus*, 1867, t. LXV, p. 22).

» J'ai signalé de beaux laticifères formant un réseau près de la surface des racines des *Argemone, Podostemum, Lactuca*, etc.; on peut mettre en parallèle avec eux les réseaux des canaux sécréteurs qui existent près de la périphérie des racines des Ombellifères suivantes : *Sium lancifolium, Opopanax Chironium, Sison Amomum, Imperatoria Ostruthium, Eryngium giganteum, Buplevrum ranunculoides, angulosum, Ægopodium Podagraria, Anthriscus vulgaris, Seseli varium, Coriandrum sativum, Scandix pecten-Veneris, Petroselinum sativum, Lagoecia cuminoides, Heracleum verrucosum.* Ce réseau de la surface des racines est formé par des canaux verticaux décrivant des zigzags, des angles desquels partent des branches horizontales, qui les unissent aux angles correspondants des canaux verticaux en zigzags voisins.

» Des canaux sécréteurs sont mêlés aux vaisseaux rayés dans la zone vasculaire externe des racines de l'*Opopanax Chironium*, etc.

» A cela j'ajouterai seulement que, dans les Ombellifères citées, les nombreuses anastomoses ou réticulations que l'on observe dans les différentes parties de la plante, et en particulier où les canaux sécréteurs passent d'un organe dans un autre (près de la base des feuilles, au sommet des pétioles et des pédoncules), et, de plus, le beau réseau qui existe dans la lame de ces feuilles (*Angelica sylvestris, Opopanax Chironium, Imperatoria Ostruthium, Smyrnium Olusatrum, Ferula tingitana, Lagoecia cuminoides*) tendent à démontrer que ces canaux forment un système continu étendu dans tout le végétal. L'espace me faisant défaut, je me bornerai à signaler ici ce bel exemple donné par les Ombellifères. A un autre point de vue, l'exemple suivant présente un intérêt d'un ordre tout aussi élevé.

» N'est-ce pas un témoignage d'une grande importance, en faveur de ma thèse, que l'existence simultanée des laticifères pourvus d'une membrane et des canaux oléorésineux sans membrane dans une grande famille comme celle des Composées. Les Chicoracées ont des laticifères à suc laiteux avec une enveloppe membraneuse; les Sénécionidées et les Astéroïdées n'ont que des canaux oléorésineux sans membrane. La tribu des *Cynarées* renferme non seulement des genres exclusivement à canaux sans membrane, ayant le suc oléorésineux limpide, et d'autres genres à vaisseaux du latex munis d'une membrane et à suc laiteux; mais ce qui est bien plus remarquable, c'est que ces dernières plantes ont ces laticifères seulement dans les organes aériens (tiges, feuilles, etc.), tandis que leurs racines ne

contiennent que des canaux oléorésineux sans membrane. Ne semble-t-il pas que les deux sortes de vaisseaux à suc propre se suppléent réciproquement (*Cirsium arvense* Lamk., *C. oleraceum* All., *C. lanceolatum* Scop., *C. anglicum* Lamk., *C. palustre* Scop., *C. prœaltum* Cass.; *Carduus nutans* L., *C. crispus* L., *C. tenuiflorus* Smith.; *Onopordon Acanthium* L.; *Carlina vulgaris* L., *C. longifolia* Reich; *Tyrimnus leucographus* L.; *Galactites tomentosa*, D.C.; *G. Duriœi* Spach; *Silybum marianum* Gaertn., *S. viride* Willd.; *Echenais nutans* Cass.; *Arctium lanuginosum* D.C.; *Lappa communis* C. et G. Il en est de même dans les *Vernonia eminens* Bisch., *V. noveboracensis* Willd., *V. prœalta* Willd. (*Institut*, 1862; p. 267).

» Mais, voici qui renforce encore la démonstration de l'équivalence des deux sortes de vaisseaux du suc propre. Ce renfort est apporté par une autre plante de cette même tribu des Cynarées : c'est le *Gundelia Tournefortii*, qui, au lieu d'offrir des canaux à suc oléorésineux dans la racine comme les espèces précédentes, y présente un magnifique réseau de vaisseaux membraneux remplis de suc laiteux, comme ceux de la tige. Je les décrirai plus tard avec détail.

» *Propriétés physiques du suc.* — Dans les laticifères pourvus d'une membrane, c'est l'état d'émulsion qui domine; le suc limpide est plus rare. Dans les canaux dits *sécréteurs*, c'est le contraire qui paraît être le plus fréquent. L'état émulsionné se présente toutefois fort souvent.

» La couleur de l'émulsion est blanc de lait dans les *Ferula tingitana*, *F. glauca*, *Angelica sylvestris*, *Smyrnium Olusatrum*, *Daucus carota* (sauvage), *Clusia nemorosa*, *Cl. Brongniartiana*, *Xanthochymus pictorius*, *Alisma plantago*, etc. L'émulsion est jaune pâle dans les *Calophyllum Calaba*, *Sison Amomum*, *Imperatoria Ostruthium*; jaune intense dans les *Clusia rosea*, *Reedia lateriflora*, *Garcinia Mangostana*, *Opopanax Chironium*, *O. orientalis*, etc.

» De même que dans le *Nerium Oleander*, où le latex est non laiteux, quoique granuleux, dans l'écorce et dans la moelle des rameaux de première année, tandis qu'il est blanc de lait dans les laticifères de l'écorce sous-libérienne, vers la troisième année, ou à la base des pousses de deux ans, la couleur du suc des canaux sans membrane peut varier suivant les parties de la plante et l'âge de celles-ci. La couleur du suc émulsionné est blanche dans les jeunes pousses du *Clusia grandiflora*; plus bas elle est blanche dans l'écorce externe, jaunâtre dans l'écorce interne, jaune dans la moelle.

» Le suc de ces canaux sans membrane est limpide dans les *Scandix pecten-Veneris*, *Chœrophyllum bulbosum*, *Buplevrum fructicosum*, *Pastinaca sativa*, dans les Sénécionidées et dans les Astéroïdées, etc.

» Comme dans certains laticifères, le suc émulsionné peut devenir limpide dans les canaux dits sécréteurs. Il peut même changer de nature

dans les parties différentes d'une même plante. Il est gommeux dans les canaux de la tige du *Panax-Lessonii* et oléorésineux dans les *vittæ*.

» *Propriétés physiologiques du suc.* — De même qu'il y a des plantes dans lesquelles les laticifères proprement dits se vident de bas en haut, comme le *Macleya cordata,* etc., que j'ai cité, de même on rencontre des Ombellifères, dont les canaux sécréteurs se vident aussi de bas en haut, à mesure que la plante avance en âge. L'*Anthriscus vulgaris* est dans ce cas.

» Voici maintenant l'exemple d'une plante à canaux oléorésineux dont le suc exerce une influence nutritive autour de ces canaux.

» J'ai remarqué que, dans le courant d'avril, de jeunes racines d'*Aralia edulis* ne présentaient de grains d'amidon que dans la rangée de cellules immédiatement en contact avec les cellules pariétales des canaux oléorésineux, et que tout le reste du parenchyme cortical environnant en était dépourvu. Quelques autres racines plus avancées montraient, à cet égard, quelques modifications différentes suivant leur âge. Dans les unes, ce qui restait des utricules du tissu parenchymateux primitif, et les rayons médullaires de premier ordre, renfermaient des grains amylacés; au contraire, le parenchyme de l'écorce plus interne, dans lequel étaient déjà quelques canaux sécréteurs, était privé d'amidon, *sauf les utricules contiguës aux cellules pariétales de ces canaux.* Il y avait donc autour de ces canaux un anneau de cellules amylifères, comme dans le cas précédent. Dans d'autres racines un peu plus âgées, l'amidon apparaissait dans les cellules environnant cet anneau amylifère; enfin, des racines encore plus avancées dans leur développement offraient de l'amidon dans toutes les cellules parenchymateuses. En pourrait-il être ainsi, si les canaux sécréteurs n'étaient destinés qu'à recevoir des matières excrétées, devenues complètement inutiles? Il me paraît convenable de penser que la naissance de l'amidon dans ces cellules voisines des canaux du suc propre est favorisée par l'émission de substances nutritives contenues dans ces canaux sécréteurs ou mieux laticifères.

» J'ai montré que le *latex* de certaines plantes est éminemment nutritif, puisqu'il détermine l'allongement et l'épaississement très considérables des membranes cellulaires qui l'enserrent. De ce fait on peut rapprocher ces cas dans lesquels *le suc oléorésineux produit de véritables cellules* à l'intérieur des canaux qui le renferment. J'en ai donné des exemples en 1862, d'après des Composées et, en 1866, d'après plusieurs Ombellifères (*Comptes rendus,* t. LXIII, p. 208). En voici un nouveau cas qui ne laisse de place à aucune objection. Cet exemple est donné par les rameaux du *Brucea ferruginea,* qui est une Térébinthacée.

» Les canaux dits sécréteurs de ce végétal sont disposés au pourtour de

la moelle. Ils sont de largeur variable. Il y en a de $0^{mm},025$ de diamètre, de $0^{mm},07$, de $0^{mm},12$, de $0^{mm},16$, de $0^{mm},20$, de $0^{mm},26$ sur $0^{mm},15$ et même de $0^{mm},35$ sur $0^{mm},20$. Le grand diamètre est parallèle au rayon. Ces canaux contiennent un suc finement granuleux ou homogène; dans ce dernier cas, il est jaune pâle. Dans les rameaux âgés de quelques années, on voit la colonne du suc se partager par des lignes transversales ou plus ou moins obliques, si les canaux sont de modique dimension. Un peu plus tard, chaque tronçon est divisé en différents sens par d'autres lignes sans régularité. Quand les canaux sont grands, les lignes de partage peuvent se courber vers la région centrale; elles simulent parfois une sorte de sac qui se divise ultérieurement. Les canaux finissent par être remplis par des cellules nombreuses, de formes variées par la pression, et, quand les canaux sont d'un grand diamètre, leur contenu a l'aspect d'un parenchyme véritable. Dans la jeunesse des cellules, leur suc est jaune et homogène comme celui qui les a formées, et comme celui qui peut rester dans les petits espaces interposés; mais, en vieillissant, leur couleur jaune disparaît, et le liquide jaune interposé d'abord peut lui-même être remplacé par des gaz. J'ai trouvé de larges canaux pleins de belles cellules dans des rameaux âgés de cinq à dix ans environ. En avançant en âge, les membranes de ces cellules, d'abord minces, s'épaississent notablement et sont marquées de ponctuations. Traitées par l'iode et l'acide sulfurique, elles m'ont donné, comme, au reste, toutes les cellules pariétales et médullaires environnantes et tous les éléments du système fibrovasculaire voisin, une coloration pourpre foncé ou lie de vin intense. La couche d'épaississement des membranes est bientôt dissoute par l'acide sulfurique, et il reste alors une membrane mince plus résistante qui finit aussi par disparaître. Il n'est donc pas douteux qu'ici l'on a réellement affaire à des cellules véritables.

» Tous les faits contenus dans cette Communication concourent évidemment à prouver la similitude des propriétés physiques et physiologiques du contenu des laticifères proprement dits et des canaux sécréteurs, et que, par conséquent, ces deux sortes de vaisseaux doivent être réunis, comme je le soutiens depuis trente ans, sous l'appellation commune de *vaisseaux du latex*. »

ASTRONOMIE NAUTIQUE. — *Sur quelques essais, faits, à la mer, avec le gyroscope-collimateur de M. le capitaine de vaisseau* Fleuriais. Note de M. **de Jonquières.**

« J'ai l'honneur de communiquer succinctement à l'Académie les premiers résultats obtenus à la mer avec le modèle le plus récent du gyroscope-

collimateur, construit par M. Hurlimann pour le paquebot des Messageries nationales *la Gascogne,* qui fait en ce moment la traversée de Bordeaux au Brésil et à la Plata. M. Baule, lieutenant de vaisseau, commandant de ce beau navire, a fait lui-même usage de l'instrument ([1]), et, après la première partie de la traversée, il écrit de Dakar, à la date du 28 mars, à M. Fleuriais une Lettre d'où j'extrais le passage suivant :

» Mon cher Commandant,

» Plein succès! Voici mes résultats. Si vous tenez compte de mon peu d'habitude de l'instrument, vous les trouverez sans doute bons. Je constate, du reste, que je fais chaque jour des progrès, et je ne doute pas qu'à la fin du voyage mes approximations ne soient excellentes.

» Suivent trois pages de chiffres présentant les résultats obtenus. En voici le résumé :

» 24, 25 et 26 mars 1887; 15° de roulis; l'objet fixe observé est l'horizon de la mer :

			Erreur moyenne.
			′ ″
Première série :	6 contacts, le dos tourné au Soleil....		—2.10
Deuxième série :	8 »	»	+1.30
Troisième série :	7 »	»	+1.40
Quatrième série :	7 »	»	+0.40
Cinquième série :	5 »	»	+1.50
Sixième série :	5 »	face au Soleil............	—3. 0
	Erreur moyenne des six séries d'observations....		+0. 8

» Le 27 mars; 5° de roulis; même observation de la collimation par l'horizon de la mer :

			Erreur moyenne.
			′ ″
Première série :	5 contacts, le dos au Soleil..........		—1,20
Deuxième série :	»	»	+0.50
	Erreur moyenne des deux séries..........		—0. 5

([1]) M. Baule a calculé par d'ingénieux procédés les *constantes* de l'instrument. Il trouve pour le moment d'inertie autour de l'axe de figure : $A = 0,490$ (le système d'unités étant les centimètres, grammes et secondes) et 43 tours par seconde pour la vitesse initiale de rotation, ce qui s'accorde avec les indications fournies à M. Fleuriais par le diapason.

» Le 27 mars; 5° de roulis [1] :

	Erreur.
Hauteur du Soleil, observée à 4^h de l'après-midi	—1. 0
Hauteur de la Polaire, obtenue par 12 contacts	—2.20

» Ces résultats, déjà très bons, obtenus dès les premiers jours de la traversée par un observateur qui voyait l'instrument pour la première fois et n'avait pu recevoir de l'inventeur ni initiation pratique, ni instructions verbales, confirment l'appréciation favorable portée par la Commission de l'Académie sur le gyroscope-collimateur. Les essais devant être continués et finalement résumés, nous n'insisterons pas plus longuement. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les tremblements de terre.* Note de M. **Oppermann**, présentée par M. Daubrée.

(Renvoi à la Commission.)

« Les tremblements de terre sont attribués, par la plupart des géologues qui les ont étudiés, à la pression qu'exerce la vapeur d'eau formée, à de grandes profondeurs au-dessous du sol, par les infiltrations des eaux superficielles à travers les terrains perméables ou fissurés.

» Dans les travaux si remarquables qu'il a publiés sur cette question, M. Daubrée explique comment la vapeur d'eau peut atteindre, dans les régions profondes de l'écorce terrestre, les tensions énormes qui sont nécessaires pour déterminer l'ébranlement du sol sur de très vastes étendues, et comment l'eau peut pénétrer dans ces régions souterraines par infiltration ou par simple capillarité, malgré la présence de cette vapeur sous forte pression, qui tend à s'opposer à son passage.

» Si la vapeur d'eau agissait par simple pression, il faudrait, pour qu'elle parvînt à soulever les terrains qui lui sont superposés, qu'elle fût renfer-

---

[1] Nous ne faisons point entrer ici en ligne de compte une première observation de la hauteur méridienne du Soleil, déduite de 3 contacts. C'était, dit M. Baule, « mon coup d'essai ». L'observation offrait quelque difficulté pour un débutant, vu la grande hauteur (73°) et le mouvement rapide en hauteur, qui exigent, comme nous l'avons dit, des précautions particulières. Néanmoins, l'erreur n'a pas dépassé 8′.

mée dans des cavités présentant de très larges surfaces, et, au moment où la rupture d'équilibre aurait lieu, il en résulterait des désordres bien autrement graves que ceux qui accompagnent les tremblements de terre les plus désastreux.

» Les secousses, parfois très violentes, mais souvent à peine perceptibles, qui se produisent toujours au centre de la région atteinte présentent, au contraire, une grande analogie avec les ébranlements causés par la brusque expansion de corps solides ou liquides, transformés subitement en corps gazeux, et nous croyons qu'elles sont occasionnées par de véritables explosions souterraines produites par des dégagements instantanés de vapeur d'eau.

» On sait que la cause principale des explosions de chaudières est la rupture de la tôle-enveloppe suivant une large ouverture, d'où résulte une transformation instantanée en vapeur d'une partie de l'eau renfermée dans le générateur. Les motifs pour lesquels cette production subite de vapeur a lieu sont bien connus. Mais nous distinguerons un cas d'explosion plus spécial, qui peut également se présenter lorsque plusieurs appareils à vapeur sont appelés à fonctionner simultanément, et dont le danger nécessite des précautions particulières.

» Considérons deux récipients A et A′ contenant de la vapeur aux pressions P et P′ et des volumes V et V′ d'eau aux températures t et t' d'ébullition correspondant aux pressions P et P′, et reliés entre eux par une large conduite C fermée par une cloison F. Une ouverture de faible dimension pratiquée dans cette cloison livrerait passage à de la vapeur, que le récipient où la pression est le plus élevée (A par exemple) enverrait dans l'autre jusqu'à ce qu'il en résulte, pour la vapeur contenue dans les deux récipients, une pression commune d'équilibre P″, et, pour l'eau de ces deux récipients, une température moyenne t'', correspondant à l'ébullition de l'eau à la pression P″. Une certaine fraction du volume V d'eau contenu dans le récipient A se sera transformée en vapeur en absorbant la quantité de chaleur $V\alpha(t - t'')$ en excès, et cette vapeur, jointe à celle qui existait déjà dans le récipient A, aura fourni, par sa condensation ou l'abaissement de sa pression jusqu'à P″, la quantité de chaleur $V'\alpha(t'' - t')$ nécessaire pour porter l'eau du récipient A′ à la température moyenne d'équilibre t''. Il faudra un certain temps pour que la vapeur puisse passer, par cette petite ouverture, d'un récipient dans l'autre, et l'équilibre s'établira graduellement. Mais, si la cloison F disparaît brusquement, toute la vapeur que doit fournir le récipient A pour déterminer l'échange des quantités de chaleur

nécessaire à l'équilibre sera forcée de se dégager dans un instant très court, et les effets de cette production subite de vapeur seront comparables à ceux que donne la déflagration des substances explosibles. Ils se traduiront par un ébranlement qui occasionnera, suivant les cas, de fortes secousses ou de simples vibrations, et dont la violence dépendra de la quantité d'eau transformée soudainement en vapeur, c'est-à-dire de la quantité de chaleur $V\alpha(t - t'')$ qui deviendra immédiatement disponible dans le récipient A, au moment de la disparition de la cloison F. Nous ferons observer à ce sujet que le produit $V(t - t'')$ peut atteindre des proportions très élevées, sans que les facteurs dont il dépend soient tous deux très importants. En conséquence, il n'est pas indispensable qu'il y ait une grande différence de température et de pression dans les deux récipients pour que le volume d'eau réduit en vapeur soit considérable : il suffit que le récipient A contienne un grand volume d'eau et que le récipient A' n'ait pas des dimensions assez faibles pour rendre insignifiante la chute de température $(t - t'')$.

» Si, comme cela paraît admissible, l'eau peut pénétrer par infiltration jusqu'à une grande profondeur au-dessous du sol, elle doit y être portée à une température très élevée, et son action dissolvante, plus forte qu'à la température ordinaire, doit creuser, dans certaines roches calcaires, gypseuses ou autres, des cavités comparables aux grottes et crevasses que l'on constate près de la surface du sol dans certains terrains et qui atteignent parfois de très vastes dimensions.

» Des cavités, isolées ou groupées ensemble, peuvent être considérées comme des récipients clos ; elles sont reliées aux autres cavités par des fentes minces et des fissures qui laissent passer les eaux et la vapeur, mais qui opposent une certaine résistance à leur écoulement par infiltration. Les eaux souterraines pourront ainsi pénétrer lentement jusqu'aux cavités les plus profondes où elles se réduiront partiellement en vapeur, et deux cavités voisines pourront se trouver dans les conditions des deux récipients A et A' dont il a été question plus haut. En effet, la température de l'eau et la pression correspondante de la vapeur doivent aller progressivement en augmentant, au fur et à mesure que l'on s'enfonce en profondeur, et l'on conçoit que, si les infiltrations se font avec difficulté d'une cavité à l'autre, cet accroissement puisse être assez rapide.

» Or la paroi de roche qui sépare deux cavités voisines peut subir l'action dissolvante des eaux qu'elles contiennent et s'amincir progressivement. Si la rupture a lieu brusquement, elle doit nécessairement déterminer

une explosion. Supposons que l'eau que contient la cavité A' soit à une température de 200°, correspondant à une pression de vapeur de 15^{kg}, et que la cavité A immédiatement inférieure ait 90^{m} de hauteur, si l'on admet un accroissement de température de 1° par 30^{m}, ce qui nous paraît devoir être un minimum à ces profondeurs, l'eau de la cavité A sera portée à une température de 203°, laquelle correspond à une pression de vapeur de 16^{kg}. Or, une différence de pression de 1^{kg} serait bien suffisante pour déterminer la rupture brusque d'une paroi de roche affaiblie par des corrosions.

» Dans une même région souterraine, où les cavités seront nombreuses, une première explosion modifiera les conditions d'équilibre existantes, ébranlera les parois qui séparent d'autres cavités les unes des autres, facilitera leur rupture et provoquera ainsi de nouvelles explosions jusqu'à ce que toutes les parois, trop affaiblies pour résister définitivement, aient disparu. Alors, le groupe de cavités reliées ainsi les unes aux autres formera une cavité nouvelle où l'eau et la vapeur auront pris une température et une pression moyennes, et le calme renaîtra. La période d'explosions sera également terminée, si les eaux et la vapeur rencontrent des fentes assez larges et assez régulières pour les conduire jusqu'à la surface du sol et pour servir en quelque sorte de soupapes de sûreté.

» Pour que les conditions de notre théorie se trouvent réalisées, il suffit que l'écorce terrestre soit fissurée ou perméable jusqu'à une grande profondeur, et que les roches situées à cette profondeur soient susceptibles d'être attaquées par de l'eau portée à une température très élevée. Ces conditions ne nous paraissent pas inadmissibles. »

VITICULTURE. — *L'œuf d'hiver du Phylloxera.* Note de M. P. de Lafitte. (Extrait.)

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« La Note de M. Donnadieu, insérée au *Compte rendu* de la séance du 21 mars, me paraît contenir des erreurs de nature à jeter quelque trouble dans une expérience qui se poursuit sur une grande échelle, et de l'issue de laquelle dépend la conservation ou la perte des trois quarts au moins des vignes qui nous restent.

» M. Donnadieu « n'hésite pas à déclarer que les formes *radicicoles* et » *gallicoles* (du Phylloxera) sont bien différentes l'une de l'autre ». — L'idée d'une différence spécifique, entre l'insecte qui vit des feuilles et ce-

lui qui vit des racines, est la première qui s'est présentée à l'esprit des observateurs. La fausseté en a été reconnue de très bonne heure; puis, M. Boiteau ayant trouvé sous les feuilles l'œuf pondu par l'*ailé* en liberté, le cycle qui commence à l'*œuf d'hiver* a pu être fermé, et cette belle théorie ne présente plus de lacune et peut être considérée comme achevée. On ne connaît d'ailleurs pas deux *ailés* différents, plus que deux formes spécifiquement distinctes.

» M. Donnadieu parle, comme d'un fait acquis et ayant cours dans la Science, du « développement relativement assez rapide de l'œuf des *sexués* », et plus loin « de l'éclosion hâtive de l'*œuf d'invasion* » : c'est de l'*œuf d'hiver* qu'il s'agit. Cette thèse de l'*éclosion automnale* de l'œuf fécondé n'est pas nouvelle non plus : les zoologistes de Montpellier l'ont soutenue bien longtemps, sans autre preuve, d'ailleurs, que l'impossibilité où ils étaient alors de trouver cet œuf sur les souches. Lichtenstein s'est attaché avec une sorte d'acharnement à cette idée, et a tout mis en œuvre pour la vérifier, comme en témoignent ses écrits. Or, tous ses *œufs d'hiver* sont restés des œufs *dormants*, pas un n'est éclos avant l'heure; et nous n'en connaissons pas un aujourd'hui, ni M. Donnadieu non plus, qui ait jamais consenti à éclore avant le printemps de l'année suivante.

» M. Donnadieu ne saurait « regarder l'*œuf d'hiver* comme un moyen » de régénérescence ». Or tous les observateurs ont vu les pontes du Phylloxera, à mesure que les générations se succèdent, descendre à 30, à 20, à 15 œufs; n'être plus que de 3 à 6, jamais plus, chez l'*ailé*, et d'un seul, toujours d'un seul chez la fille de l'*ailé*, la femelle sexuée, tandis que M. Boiteau, observant l'insecte né de l'*œuf d'hiver*, la fille, par conséquent, de la femelle sexuée, a trouvé et a annoncé à l'Académie avoir compté communément jusqu'à 600 œufs dans la galle où l'insecte se renferme!

» Voici maintenant des erreurs de fait. Il faut citer textuellement :

» L'éclosion hâtive de l'*œuf d'invasion* me paraît plus que suffisante pour expliquer l'inefficacité des badigeonnages essayés en vue de la destruction de l'*œuf d'hiver*. Nulle part, en effet, ces badigeonnages ne semblent avoir empêché l'invasion des vignobles, et cela est si vrai que les viticulteurs véritables ont presque tous renoncé, avec raison, à ces pratiques empiriques. Tout au plus les badigeonnages ont-ils arrêté quelquefois la formation des galles sur les feuilles.

» *Pratiques empiriques?* — C'est à peu près comme si l'on disait que Le Verrier a trouvé empiriquement Neptune! Voici la vérité : *nulle part, jusqu'à ce jour, on n'a essayé les badigeonnages pour empêcher l'invasion d'un vignoble*. Si l'auteur connaît une seule tentative de ce genre, qu'il veuille

bien la citer. Pour tenter de garantir un vignoble de l'invasion, il faudrait avoir un vignoble qu'on sût n'être pas envahi. Pour nous, il n'existe aucun moyen de le savoir avec certitude, et nous ne parlons pas à la légère. Il fut un temps où l'Administration faisait procéder à la recherche des taches dites *latentes*, dans les départements nouvellement envahis, notamment dans l'Aude; or, sauf de très rares exceptions dues au hasard, on n'a jamais trouvé que des taches *apparentes*, c'est-à-dire déjà anciennes, et cette méthode très coûteuse est depuis longtemps abandonnée. Plus difficile encore est la recherche de l'*œuf d'hiver*, comme j'ai eu occasion de l'expliquer bien des fois. Les toiles d'araignée sont une faible ressource : on en rencontre dans les haies, quand il y en a dans le voisinage des vignes, la rigidité des tiges leur offrant un appui solide; mais M. Donnadieu a été très favorisé si, sur la vigne elle-même, il en a trouvé que le vent et l'agitation des feuilles et des sarments aient respectées !

» L'*inefficacité des badigeonnages* pour la destruction de l'œuf d'hiver? *Il n'y a pas eu d'autre expérience faite* que celles de M. Balbiani sur le domaine de la Paille, près de Montpellier, et celles de M. Merle de Massonneau sur le domaine de Pierron, près de Nérac. Or les unes et les autres ont complètement réussi.

» Les véritables viticulteurs ont tous *renoncé à ces pratiques empiriques?* Nous connaissons à peu près tous les viticulteurs qui prennent part à l'expérience commencée, parce qu'un grand nombre reçoivent une subvention, et que les autres, inscrits trop tard pour l'obtenir, opèrent à leurs frais, mais demandent des conseils. Quelques-uns ont renoncé au traitement et ont bien fait d'y renoncer, parce que, malgré des avertissements réitérés, ils l'avaient entrepris sur des vignes trop malades et perdues d'avance; mais l'*immense majorité persiste avec confiance* et notre devoir est d'empêcher que des assertions hâtives et sans preuves viennent jeter parmi eux le trouble et le découragement. »

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un volume de M. le Dr *Motais* (d'Angers), intitulé « Anatomie de l'appareil moteur de l'œil de l'homme et des vertébrés ». (Présenté par

M. Sappey pour le concours des prix de Médecine et Chirurgie, de la fondation Montyon.)

2° Le « Bulletin météorologique du département de l'Hérault, pour l'année 1886 ».

M. **Bérenger-Féraud** prie l'Académie de le comprendre parmi les candidats à la place de Correspondant, laissée vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. *Leudet*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. **Faye** communique à l'Académie une dépêche de M. Perrotin, lui annonçant la mort de M. *Thollon*.

M. **Janssen**, Vice-Président de l'Académie, prend alors la parole et s'exprime comme il suit :

« La mort de M. Thollon enlève à la Science un observateur aussi consciencieux que distingué, et dont les travaux, de plus en plus estimés, étaient toujours accueillis avec un vif intérêt. Les sciences spectrologiques, en particulier, font en lui une grande perte.

» On sait que M. Thollon s'était d'abord fait connaître par la construction du spectroscope le plus puissant et, sans doute aussi, le plus parfait qui ait été obtenu jusqu'à lui. On sait également avec quel talent il sut s'en servir. Il s'était voué à ces études. De temps en temps il nous faisait connaître des portions très consciencieusement étudiées du spectre solaire si énormement dilaté et si riche en détails que son instrument lui donnait. C'est au cours de ces études que M. Thollon fit une observation du plus haut intérêt, que l'histoire de la Science doit retenir. Il constata que, dans le spectre en question, il était de la plus grande facilité de distinguer les raies d'origine solaire de celles dues à l'atmosphère terrestre en portant successivement la fente du spectroscope au bord et au centre de l'image solaire tombant sur cette fente. Dans ces conditions, les raies d'origine solaire subissent des déplacements que la fixité des raies *telluriques* voisines rend très sensibles et absolument certains.

» Au moment où elle fut faite, cette belle observation constituait, et constitue encore aujourd'hui, la preuve la plus décisive en faveur de la réalité

du principe posé par notre illustre Confrère M. Fizeau sur les modifications que le mouvement de la source lumineuse apporte à la réfrangibilité des rayons, et par suite à la position des raies spectrales. Par là, M. Thollon montrait que la considération des raies telluriques fournit la meilleure méthode pour démontrer l'exactitude de ce beau principe, resté toujours un peu indécis tant qu'on a voulu constater le déplacement des raies par des procédés tirés des instruments et qu'on ne s'est pas placé dans des conditions d'observation où les deux espèces de rayons se produisent en même temps et se servent mutuellement de repères. Dernièrement notre éminent Confrère, M. Cornu, appréciant toute l'importance de l'observation de M. Thollon, imagina un dispositif très élégant qui rend le phénomène plus sensible et plus saisissant encore.

» Depuis plusieurs années déjà, M. Thollon travaillait à Nice. M. Bischoffsheim lui avait donné l'hospitalité scientifique dans le bel observatoire qu'il y a élevé en faveur de l'Astronomie.

» Depuis longtemps, M. Thollon s'occupait de la construction d'une grande Carte solaire, où la distinction des raies telluriques et solaires aurait été indiquée. Cette Carte, à laquelle il donnait tous ses soins, toutes ses forces, et dont il m'avait entretenu à diverses reprises, il voulait en faire un monument élevé à la Science. Mais il avait senti dans ces derniers temps qu'il lui serait difficile de réaliser entièrement ce projet.

» Ce savant meurt donc au milieu de ses plus importants et de ses plus chers travaux. C'est une perte très sensible pour la Physique céleste, et qui sera encore plus vivement sentie par tous ceux qui avaient pu apprécier la droiture de son caractère, l'élévation de ses sentiments et son amour si grand et si désintéressé pour la Science. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur la génération de l'herpolhodie.* Note de M. **Pinczon**, élève à l'École Polytechnique, présentée par M. Resal.

« En étudiant les travaux qui ont été publiés sur ce sujet, je me suis demandé si l'on ne pourrait pas se faire une image de l'herpolhodie, plus nette que celle à laquelle on est arrivé jusqu'ici, et je suis parvenu, en rapportant la courbe à un axe mobile, à un résultat qui me paraît digne de quelque intérêt.

» Soient XOY le plan perpendiculaire à l'axe du moment des quantités de mouvement, Ox, Oy, Oz les axes principaux d'inertie. En conservant

les notations admises, je rappellerai les formules suivantes, dans lesquelles on suppose $A > B > C$:

(1) $An^2 + Bp^2 + Cq^2 = h, \qquad A^2n^2 + B^2p^2 + C^2q^2 = k^2;$

(2) $Ah - k^2 > 0, \qquad Ch - k^2 < 0;$

(3) $n^2 = \frac{k^2 - Ch - Bp^2(B-C)}{A(A-C)}, \qquad q^2 = \frac{Ah - k^2 - Bp^2(A-B)}{C(A-C)};$

(4) $An = -k\sin\theta\sin\psi, \qquad Bp = k\sin\theta\cos\psi;$

(5) $\cos\theta = \frac{Cq}{k};$

(6) $\frac{d\varphi}{dt} = k\frac{An^2 + Bp^2}{A^2n^2 + B^2p^2};$

(7) $r = \frac{\omega}{\sqrt{h}};$

(8) $d = \frac{\sqrt{h}}{k}.$

(Théorèmes de Poinsot.)

» Soient maintenant :

$O\chi$ l'intersection des plans XOY, xOy, dont la position variable est définie à chaque instant par l'angle φ;

$O\eta$ une perpendiculaire à $O\chi$ dans le plan XOY;

σ l'angle formé par le rayon vecteur ρ de la courbe, projetée sur XOY, avec $O\chi$ pris pour axe polaire.

» En exprimant que $\tang\sigma$ est égal au rapport des composantes de la rotation suivant $O\eta$, $O\chi$, qu'il est facile d'évaluer, on a

$$\operatorname{tang}\sigma = \frac{-n\cos\theta\sin\psi + p\cos\theta\cos\psi - q\sin\theta}{n\cos\psi + p\sin\psi}.$$

» En multipliant les deux termes de cette fraction par $\sin\theta$ et ayant ensuite égard aux relations (4) et (5), puis à la première des équations (1), on a

$$\operatorname{tang}\sigma = \frac{k^2 - Ch}{k(A-B)}\frac{q}{np}.$$

» Si l'on élimine n et q au moyen des formules (3), on trouve

(A) $$\operatorname{tang}\sigma = \frac{k^2 - Ch}{k(A-B)p}\sqrt{\frac{A[Ah - k^2 - Bp^2(A-B)]}{C[k^2 - Ch - Bp^2(B-C)]}}.$$

» On a maintenant, vu (7) et (8),

$$\rho^2 = \bar{r}^2 - d^2 = \frac{k^2\omega^2 - h^2}{hk^2} = \frac{k^2(n^2 + p^2 + q^2) - h^2}{hk^2}.$$

» En retranchant la seconde des équations (1) de la première multipliée par A + C, on exprime $n^2 + q^2$ en fonction de p^2 et, après quelques réductions, on a finalement

$$\text{(B)} \qquad \rho^2 = \frac{(k^2 - Ch)(Ah - k^2) - k^2(A - B)(B - C)p^2}{AChk^2}.$$

» En éliminant p^2 entre (A) et (B), on obtiendra l'équation polaire de la courbe rapportée à l'axe mobile $O\chi$; mais, pour la discussion, il est plus commode de conserver la variable auxiliaire p.

» Soient p_0^2, p_1^2, p_2^2 les valeurs de p^2 qui annulent le numérateur et le dénominateur sous le radical de $\tang\sigma$ et ρ^2, on a

$$\text{(C)} \quad p_0^2 = \frac{Ah - k^2}{B(A - B)}, \qquad p_1^2 = \frac{k^2 - Ch}{B(B - C)}, \qquad p_2^2 = \frac{(k^2 - Ch)(Ah - k^2)}{k^2(A - B)(B - C)},$$

$$\text{(A')} \qquad \tang\sigma = \frac{k^2 - Ch}{kp}\sqrt{\frac{A}{C(A - B)(B - C)}\,\frac{p^2 - p_0^2}{p^2 - p_1^2}},$$

$$\text{(D)} \qquad p_0^2 - p_1^2 = -\frac{A - C}{B(A - B)(B - C)}(k^2 - Bh),$$

$$\text{(E)} \qquad \begin{cases} p_0^2 - p_2^2 = -\dfrac{C(Ah - k^2)(k^2 - Bh)}{k^2 B(A - B)(B - C)}, \\[2ex] p_1^2 - p_2^2 = \dfrac{A(Ch - k^2)(k^2 - Bh)}{k^2 B(A - B)(B - C)}. \end{cases}$$

» *Discussion :*

» 1° $k^2 - Bh > 0$.

» On a

$$p_1^2 > p_0^2, \qquad p_2^2 \begin{matrix} > p_0^2 \\ < p_1^2 \end{matrix}.$$

» p variera entre p_0 et $-p_0$, d'où un ovale symétrique par rapport à $O\chi$, $O\eta$ et dont on trouvera facilement la longueur des axes.

» 2° $k^2 - Bh < 0$.

» On a

$$p_1^2 < p_0^2, \qquad p_2^2 \begin{matrix} < p_0^2 \\ > p_1^2 \end{matrix};$$

la rotation p variera entre p_1 et $-p_1$. La courbe se compose de deux

courbes ovoïdes symétriquement situées par rapport à $O\chi$ et ayant $O\eta$ pour axe de symétrie commun.

» 3° $k^2 - Bh = 0$.

» On a

$$\rho^2 = \frac{(A-B)(B-C)}{ABCh}(h - Bp^2),$$

$$\tang\sigma = \frac{1}{p}\sqrt{\frac{A(B-C)h}{BC(A-B)}}.$$

» La courbe a alors une forme analogue à celle d'une lemniscate. »

ANALYSE. — *Sur les courbes algébriques rectifiables.* Note de M. **Georges Humbert**, présentée par M. Jordan.

« Pour abréger, on appellera *courbes algébriques rectifiables* les courbes algébriques dont l'arc peut s'exprimer par une fonction algébrique des coordonnées.

Soit $f(x,y) = 0$ l'équation d'une telle courbe : par hypothèse, l'intégrale qui représente la longueur de l'arc entre les deux points (x_0, y_0) et (x, y) ne peut avoir, quand on fait varier la ligne d'intégration, qu'un nombre fini de valeurs. On en conclut aisément que cette intégrale n'aura que deux valeurs, de la forme s et $2\omega - s$, ω étant une quantité indépendante de x, y. La longueur, s, de l'arc de courbe entre les points (x_0, y_0) et (x, y), est donc liée aux coordonnées x, y de l'extrémité variable de l'arc, par une équation du *second ordre*, de la forme

$$s^2 - 2\omega s + P = 0,$$

P étant une fonction rationnelle de x, y. En partant de la valeur de $\frac{ds}{dx}$, on en déduit la formule

$$(1) \qquad s - \omega = R\sqrt{f'^2_x + f'^2_y},$$

où R désigne une fonction rationnelle de x, y.

» Cette formule montre que, si l'on porte sur la tangente à la courbe $f = 0$, au point (x, y), une longueur égale à $\omega - s$, dans le sens de l'accroissement positif de l'arc s, le point ainsi obtenu aura ses coordonnées ξ, η exprimables rationnellement en fonction de x, y. D'ailleurs ce point

décrit évidemment une courbe dont la courbe $f = 0$ est la développée, et, par suite, x, y sont des fonctions rationnelles de ξ, η. Donc :

» *Toute courbe algébrique rectifiable est la développée d'une courbe algébrique; ces deux courbes se correspondent point par point.*

» On conclut aussi de la formule (1) qu'une courbe algébrique ne peut être coupée orthogonalement par ses normales en plus de deux points sans être décomposable en courbes de degré moindre, et qu'une courbe coupée orthogonalement par ses normales en deux points s'obtient toujours en portant une longueur constante, de part et d'autre de leur pied, sur les normales à une courbe ordinaire.

» Pour que l'arc s soit une fonction rationnelle de x, y, il faut et il suffit, d'après (1), que $f_x'^2 + f_y'^2$ soit égal au carré d'une fonction rationnelle de x, y en chaque point de la courbe $f = 0$, c'est-à-dire que cette courbe soit, suivant l'expression de M. Laguerre, une *courbe de direction*.

» Or toute courbe de direction a pour développée une courbe de direction quand elle est coupée orthogonalement par ses normales en un seul point, ce que nous exprimerons en disant que cette courbe est *simple;* inversement, si la développée d'une courbe algébrique est de direction, cette courbe est elle-même de direction. Donc :

» *Les courbes algébriques planes dont l'arc peut s'exprimer par une fonction rationnelle des coordonnées sont les développées des courbes algébriques de direction simples.*

» M. Laguerre a montré que les anticaustiques par réflexion d'une courbe algébrique, les rayons incidents étant parallèles, sont des courbes de direction, et, réciproquement, on peut voir que ces courbes de direction sont *simples,* à moins qu'on ne puisse mener à la courbe réfléchissante deux tangentes rectangulaires de tous les points d'une droite normale aux rayons lumineux; par suite :

» *Les courbes algébriques planes dont l'arc peut s'exprimer par une fonction rationnelle des coordonnées sont les caustiques par réflexion des courbes algébriques, les rayons incidents étant parallèles, et réciproquement.*

» Toutefois, si l'on peut mener à la courbe réfléchissante deux tangentes rectangulaires de tous les points d'une droite normale aux rayons lumineux, la caustique aura son arc exprimable algébriquement, mais non rationnellement.

» Après la droite, la courbe du plus petit degré dont l'arc est rationnel est la cubique unicursale qui a pour équation polaire

$$\rho^{\frac{1}{3}} \cos \tfrac{1}{3}\omega = a^{\frac{1}{3}}$$

et qui est la caustique par réflexion d'une parabole, pour des rayons lumineux normaux à l'axe.

» Les épicycloïdes algébriques fournissent des exemples intéressants de courbes à arc rationnel ; ainsi :

» *Les épicycloïdes algébriques dont l'arc est fonction rationnelle des coordonnées sont celles qu'on obtient, en prenant pour le rapport du rayon du cercle mobile au rayon du cercle fixe une fraction irréductible de dénominateur pair.*

» Quand l'arc s d'une courbe algébrique $f(x, y) = 0$ est rationnel, on a pour cet arc l'expression

$$s = \frac{B(x, y)}{C(x, y)},$$

où $B = 0$ et $C = 0$ sont respectivement les équations de courbes adjointes à $f = 0$, de degrés $n - 2$ et $n - 3$ en général, et de degrés $n - 1$ et $n - 2$ si $f = 0$ est unicursale. »

GÉOMÉTRIE. — *Propriétés descriptives, segmentaires et métriques de la ligne droite de mode quelconque.* Note de M. A. MOUCHOT.

« Dès qu'on assigne au point deux modes contraires, la ligne droite peut être *rectangle*, *réelle* ou *radiée*.

» La droite rectangle présente une infinité de branches réelles, imaginaires ou mixtes, groupées dans un plan autour d'un même point. En se projetant sur son axe, elle donne la droite réelle. Projetée sur un plan quelconque passant par cet axe, elle engendre la droite radiée.

» Deux droites situées dans le même plan se coupent en un point qui, lorsqu'il n'est pas à l'infini, peut toujours se construire. Je le prouve, en déterminant l'intersection d'une droite rectangle ou radiée avec une droite réelle, simple ou disjointe, et celle d'une droite radiée avec une droite rectangle. Je fais observer en même temps que, tant qu'elles ne sont pas

inverses l'une de l'autre, deux droites rectangles ne se rencontrent qu'à l'infini.

» Le système de deux droites situées dans le même plan s'appelle souvent *conique infiniment petite*. Une pareille conique a son centre tantôt réel, tantôt imaginaire. Elle admet une infinité de systèmes de cordes parallèles et de diamètres conjugués. J'en donne pour exemple la circonférence infiniment petite ou conique rectangle.

» L'intersection de deux coniques infiniment petites se ramène d'ailleurs à celles des droites qui les composent.

» Avant de passer des propriétés descriptives de la droite quelconque à ses propriétés segmentaires ou métriques, il faut généraliser le système de coordonnées rectilignes.

» Descartes ne parvient à déterminer sans ambiguïté la position d'un point géométrique sur un plan qu'à l'aide de coordonnées pouvant offrir deux sens contraires. C'est donc en assignant à la droite absolue deux nouvelles manières d'être, exprimées par les nombres positifs ou négatifs, qu'il réalise une de ses plus belles conceptions.

» Pour compléter l'œuvre du maître, il suffit de remplacer les axes de coordonnées par des droites réelles, les points géométriques de leur plan par des points réels ou imaginaires et de prendre pour coordonnées de ces derniers points des segments droits de mode convenable, d'ailleurs simples ou disjoints.

» La droite peut alors être considérée comme le lieu des points dont l'ordonnée est à l'abscisse dans un rapport constant. Ce rapport étant de mode quelconque, ainsi que l'ordonnée à l'origine de la droite, les propriétés segmentaires de celle-ci se traduisent en nombres par une équation du premier degré à deux variables x, y, dont les coefficients sont réels, imaginaires ou mixtes.

» Réciproquement, l'équation générale du premier degré à deux variables représente toujours une droite rectangle, réelle ou radiée.

» Pour construire le lieu complet de cette équation, on assigne à l'abscisse des valeurs réelles, imaginaires ou mixtes. Mais, si les valeurs monômes de x conduisent, en pareil cas, à des branches nettement définies, les valeurs mixtes de cette variable ne fournissent, sauf pour la droite réelle, que des points entièrement indépendants les uns des autres. Afin d'obvier à cet inconvénient, il suffit d'observer que, lorsqu'on cherche l'équation d'une droite rectangle ou radiée, les valeurs mixtes de l'abscisse varient, pour une même branche, de telle sorte que leurs parties de modes

contraires restent proportionnelles. D'où il suit que, dans le problème inverse, il faut soumettre la variable indépendante à la même loi.

» Toute autre relation établie entre les deux termes de cette variable, lorsqu'elle est mixte, entraîne d'ailleurs une nouvelle classification des points du lieu. C'est ainsi que, $y = ix$ étant l'équation d'une droite rectangle, si l'on pose $x = \rho(\cos\alpha + i\sin\alpha)$ et qu'on fasse successivement varier α et ρ, les points de la droite en question se répartissent en une infinité de circonférences concentriques.

» Le système de deux droites, partant de l'origine des coordonnées, s'exprime par une équation homogène du second degré à deux variables et réciproquement.

» Enfin, avec les coniques infiniment petites apparaissent de nouvelles propriétés segmentaires. Pour le faire voir, je me borne d'abord à démontrer que deux droites réelles menées d'un même point à la conique rectangle sont coupées par elles en parties réciproques, puis à signaler les conséquences immédiates de cette proposition.

» En résumé, la nouvelle théorie de la ligne droite que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie fait déjà pressentir, par sa généralité même, la possibilité d'établir une corrélation parfaite entre la Géométrie et l'Algèbre. »

GÉOMÉTRIE. — *Étude géométrique d'un complexe*. Note de M. **P.-G. Schoute**, présentée par M. Hermite.

« M. Neuberg, de Liège, a fixé mon attention sur le complexe Φ des droites d dont les distances à deux droites données l et l' sont dans un rapport donné f. Voici les résultats auxquels je suis parvenu par une étude géométrique de ce complexe.

» Le *cône de complexe* de P, c'est-à-dire le lieu des droites d, qui passent par le point P, est du quatrième ordre. Ce cône K_p^4 a trois arêtes doubles, les parallèles l_p et l'_p à l et l' par P et l'intersection χ_p des plans (P, c) et (P, l'). Il semble paradoxal que ce cône K_p^4 passe deux fois par les droites l_p et l'_p. Ce paradoxe est introduit par une discontinuité dans l'idée *distance de deux droites*, qui est spécialisée dans le cas de deux droites parallèles. On l'évite en se plaçant au point de vue que la distance de deux droites parallèles est indéterminée.

» La *courbe de complexe* de π, c'est-à-dire, l'enveloppe des droites d situées dans le plan π, est de la quatrième classe. Cette courbe πC_π^4 a deux

tangentes doubles, l'intersection l_{π_∞} de π avec le plan π_∞ de l'infini et la droite l_π de π qui s'appuie sur l et l'.

» Le complexe Φ a deux *points principaux* et sept *plans principaux*. Les points principaux sont les points de l et l' situés dans π_∞. Ce sont des points principaux *doubles*, parce que les droites PL_∞ et PL'_∞, qui joignent ces points L_∞ et L'_∞ à P, sont des arêtes *doubles* du cône K^4 de P. Et cela entraîne que la courbe C^4 d'un plan π par un de ces points dégénère en une conique complétée par ce point compté *deux* fois. Parmi les sept plans principaux, il y a six plans principaux *simples*, les deux plans isotropes ω_1 et ω_2 par l, les deux plans isotropes ω'_1 et ω'_2 par l', les deux plans α_1 et α_2 perpendiculaires à la plus courte distance a des droites l et l' et divisant cette distance intérieurement et extérieurement dans le rapport f; il n'y a qu'un seul plan principal double, le plan π_∞. Chaque plan π a donc une courbe C^4, qui touche les intersections de π avec les six plans ω_1, ω_2, ω'_1, ω'_2, α_1, α_2 et dont l'intersection de π et π_∞ est une tangente double. Et du cône K^4 d'un point P situé dans un des six plans principaux simples, ce plan se détache, de manière que la partie essentielle est un K^3; tandis que K^4 se réduit à quatre plans, quand P se trouve à l'infini.

» Le lieu du point P, dont le cône K^4 se compose de deux cônes quadratiques, est l'hyperboloïde réglé H^2, dont les points ont des distances à l et l', qui sont entre elles dans le rapport donné f. Cette *surface singulière* de Φ est un *hyperboloïde orthogonal*, et les cônes quadratiques constituants sont aussi des *cônes orthogonaux*.

» L'hyperboloïde H^2 est une *surface limite* de Φ en ce sens, que les points d'intersection des droites réelles de Φ avec H^2 ne sauraient être imaginaires.

» Le cône K^3, qui complète un des deux plans α au cône K^4 d'un point P de ce plan, est un *cône focal*, c'est-à-dire un cône qui est le lieu des axes focaux des cônes quadratiques inscrits dans un *angle tétraèdre;* il n'a pas d'arête double. Au contraire, le cône K^3, qui complète un des quatre plans ω au cône K^4 d'un point P de ce plan, est un cône cubique unicursal dont l_p ou l'_p est l'arête double, suivant que ω passe par l' ou l.

» Les *droites doubles* χ_p et l_π forment la même congruence (1, 1) des droites qui s'appuient sur l et l'.

» Les *droites singulières* v, qui sont les quatrièmes arêtes doubles des cônes K^4 des points P de H^2, forment une congruence (4, 4). Elles sont les tangentes d'un faisceau de courbes gauches $r^{2,2}$ du quatrième ordre situé sur H^2. Les génératrices de H^2 sont des droites v.

» La surface H^2 est en même temps l'enveloppe des plans dont les courbes c^4 se composent d'un point et d'une courbe c^3 de la troisième classe. Ce point est le point à l'infini de la droite singulière v, qui correspond au point de contact de H^2 avec le plan tangent.

» Le lieu des points Q des génératrices de H^2, où ces génératrices concourent avec leurs plus courtes distances à l ou à l', se compose de deux sections planes de H^2, situées dans des plans perpendiculaires entre eux, qui passent par la plus courte distance de l et l'. De ces deux coniques, l'une se rapporte à l'un, et l'autre à l'autre des deux systèmes de génératrices.

» Le lieu des droites v qui s'appuient sur une droite donnée l'' est une surface F^8 du huitième ordre, dont l'' est une arête quadruple : elle possède, en outre, deux droites doubles situées en H^2. Quand l'' est une génératrice de H^2, la surface F^8 se compose de H^2 comptée une fois et d'une surface F^8, dont l'' est une droite double, comptée deux fois.

» Le lieu des droites v qui s'appuient sur une section plane de H^2 se compose de H^2 comptée deux fois et d'une surface F^6.

» Le lieu des courbes C^4, situées dans des plans π, qui passent par une droite l'', qui est, en même temps, l'enveloppe des cônes K^4 des points de l'', est une surface F^{14} de l'ordre quatorze. Cette *surface de complexe* de Φ est également de la classe quatorze. La droite l'' en est droite sextuple dans les sections par des plans qui la contiennent, et axe octuple pour les cônes enveloppes dont les sommets se trouvent sur l''.

» Parmi les *cas particuliers*, le cas des axes parallèles est le plus remarquable. Dans ce cas, le complexe Φ est caractérisé par quatre *droites principales simples*, c'est-à-dire quatre droites dont les points sont des points principaux simples; les plans menés par une de ces droites sont donc, en même temps, des plans principaux simples. Ces droites sont les deux droites parallèles aux axes qui divisent la distance a de ces axes dans le rapport donné et les tangentes au cercle Σ, commun à toutes les sphères. menées par le point d'intersection des axes en π_∞.

» La déduction géométrique des résultats que je viens de communiquer sera publiée dans les *Annales de l'École Polytechnique de Delft;* j'y ajouterai un Supplément analytique, où l'on trouvera réunie la démonstration des résultats principaux par l'Analyse. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur une expérience complémentaire et relative aux trombes marines*. Note de M. **Ch. Weyher**, présentée par M. Mascart.

« Dans les premières Communications à l'Académie, des expériences relatives aux tourbillons et trombes, il n'a été question que du « buisson », c'est-à-dire de la formation des deux cônes inverses et superposés par leurs sommets.

» J'ai pu depuis réaliser la trombe complète avec son tube de vapeur d'une netteté absolue, se greffant, d'une part, au centre du buisson et, d'autre part, au centre du tambour tournant placé à 3^{m} au-dessus de la surface de l'eau. Il a suffi, pour cela, de lancer un jet de vapeur dans les environs de l'axe du tourbillon, ou mieux encore de chauffer simplement l'eau contenue dans le grand réservoir, de façon qu'elle émît quelques vapeurs.

» Lorsque le temps est calme et un peu frais, le fuseau se détache en blanc sur les bâtiments voisins formant fond du tableau; par des temps relativement chauds, la couleur blanche est moins accentuée, mais on voit encore nettement cette colonne en giration, dont le diamètre est d'environ $0^{m},05$ à $0^{m},08$ et à peu près uniforme sur toute la hauteur de 3^{m}.

» A l'intérieur du tube de vapeur, et sur l'axe même, on aperçoit un noyau plus raréfié et tranchant en noirâtre sur la gaine qui l'enveloppe. Ce noyau a une forme absolument géométrique : c'est un cône dont la base est au centre du tambour tournant et le sommet au centre du buisson.

» La trombe s'infléchit plus ou moins en courbe gracieuse sous l'effet du vent ou des remous provenant des obstacles voisins, mais en reliant toujours les deux centres en question, et l'ensemble donne l'apparence exacte d'une trombe marine naturelle.

» En plein air, l'expérience a lieu sur 3^{m} de hauteur, soit sur trois fois le diamètre du tambour générateur du tourbillon. Dans une chambre, mais toujours à l'air libre, il a été possible d'obtenir un fuseau de $0^{m},015$ à $0^{m},020$ de diamètre sur $0^{m},90$ à 1^{m} de hauteur, soit six à sept fois le diamètre du tourniquet, qui était de $0^{m},15$. Lorsqu'il y a excès de vapeur, on voit de temps en temps un renflement, un ovoïde, monter et *descendre* le long du tube, sans d'ailleurs en altérer autrement la forme si nette et si bien dessinée. »

CHALEUR RAYONNANTE. — *Nouveau mode d'emploi du thermomultiplicateur.* Note de M. **Édouard Branly**.

« Dans l'emploi du thermomultiplicateur de Melloni, on laisse tomber le rayonnement de la source sur la pile, jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre commence à revenir vers sa position d'équilibre, et l'on admet, en le vérifiant d'une façon approchée, que, jusqu'à 20° environ, les premières impulsions sont proportionnelles aux quantités de chaleur correspondantes reçues par la pile dans l'unité de temps. La lecture des angles d'écart se fait en plaçant l'œil au-dessus de la cage de verre qui protège le multiplicateur et en notant le déplacement, sur un cercle divisé, de l'aiguille supérieure du système astatique. Cette méthode manque d'exactitude, mais elle n'a pas cessé d'être suivie, même dans les recherches les plus récentes.

» Cette Communication a pour objet d'appliquer aux lectures d'angles la méthode d'amplification par la réflexion, de choisir un galvanomètre dont la régularité soit satisfaisante et d'exposer un nouveau mode d'observation par les impulsions.

» Les galvanomètres dont j'ai suivi la marche sont munis d'un miroir plan et coiffés d'un cylindre ouvert au niveau du miroir; on les enferme dans une boîte bien close, éclairée par le haut et posée sur une planchette scellée dans le mur d'une fenêtre. La mesure des angles se fait avec une lunette qui porte, à la hauteur de son objectif, une règle circulaire de $0^m,50$ de rayon et divisée en millimètres; le centre de la circonférence de la règle est sur le fil de cocon qui soutient le système astatique; le tube oculaire sort seul de la cage. Ce dispositif met à l'abri des déplacements accidentels du système astatique et permet des lectures précises. Un déplacement de 1^{mm} correspond à une déviation de $3'26''$; on apprécie le dixième de millimètre, c'est-à-dire $20''$ environ.

» Parmi les appareils que j'ai comparés, je citerai seulement ici : 1° un galvanomètre formé d'un cadre plat en ivoire, sans fente médiane, et d'un système astatique à aiguilles longues et légères (système astatique de Nobili); 2° un galvanomètre composé de deux cadres en cuivre et de deux aimants en forme de cloche noyés dans la masse de cuivre des cadres (aimants de Siemens). Ces deux appareils, établis sur mes indications par M. Gendron, représentent les deux types extrêmes des instruments dont

j'ai examiné le fonctionnement. Leur résistance est d'environ un ohm. Pour un dix-millionième d'ampère, la sensibilité du galvanomètre Nobili est de 6^{mm} (à 1^{m}), celle du galvanomètre Siemens de 2^{mm}.

» Avant toute expérience de rayonnement, les appareils sont contrôlés avec des courants constants dus à un élément Daniell relié à des résistances comprises entre 50000 et 350000 ohms, ou à un élément thermo-électrique dont les soudures sont maintenues à des températures rigoureusement fixes. Pour un même courant, ils donnent des impulsions invariables, et indépendantes de la position du système astatique, pour un petit changement sur la règle. Mais il faut attendre plus de cinq minutes avant que l'aiguille du galvanomètre Nobili soit bien revenue au repos, et il y a souvent, sur le point de départ, une incertitude de $\frac{1}{2}$ millimètre. Le point d'arrivée s'apprécie bien. Pour le galvanomètre Siemens, l'incertitude est inférieure à un dixième de millimètre, au départ comme à l'arrivée. Avec les courants d'une pile thermo-électrique exposée au rayonnement d'une lampe, l'impulsion du galvanomètre de Nobili dure environ trente-cinq secondes et les impulsions ne sont pas proportionnelles aux quantités de chaleur : d'un côté de l'équilibre, elles sont trop fortes, et cela correspond à un accroissement de la durée de l'impulsion avec la grandeur de l'angle; de l'autre côté, elles sont trop petites, en même temps que l'impulsion présente une durée moindre. La différence augmente avec la déviation (1). Dans les galvanomètres à cadre métallique, l'amortissement ne permet pas, en général, d'observer d'impulsion pour les courants croissants de la pile thermo-électrique.

» Afin de mettre à profit la fixité du point de départ dans les galvanomètres à amortissement, j'ai adopté une nouvelle manière d'opérer.

» La chute d'un écran en aluminium laisse passer le rayonnement de la source, la chute d'un second écran l'intercepte après quinze secondes; cet intervalle du jeu des écrans est réglé par une horloge à l'aide d'électro-aimants sensibles. Aux deux mouvements, la durée des contacts électriques n'excède pas $\frac{4}{100}$ de seconde, et le temps qui sépare la chute des deux écrans est constant à $\frac{2}{100}$ ou $\frac{3}{100}$ de seconde près. Ces deux points essentiels ont été établis d'après des inscriptions sur un enregistreur de Foucault.

---

(1) Chaque galvanomètre demande une étude spéciale et présente des irrégularités qui lui sont propres. Toutefois, je n'ai jamais trouvé que la proportionnalité se vérifiât exactement, même au-dessous des limites admises; il n'y avait doute que pour des systèmes astatiques dont l'extrême mobilité est un obstacle aux mesures exactes.

» Dans ces conditions, les galvanomètres à amortissement offrent une impulsion nette ; en outre, comme la chaleur ne frappe la pile que pendant quinze secondes, le refroidissement est rapide. Avec le galvanomètre Nobili, l'arc d'impulsion dû à un rayonnement de quinze secondes est égal aux deux tiers de l'impulsion ordinaire, qui durait en moyenne trente-cinq secondes. La proportionnalité entre les quantités de chaleur et les nouvelles impulsions est plus approchée que dans le cas des anciennes impulsions ; elles sont, toutefois, encore plus fortes d'un côté et plus faibles de l'autre. Le galvanomètre Siemens se comporte de la même façon. Ainsi, pour ce dernier, du côté des déviations trop petites, la quantité de chaleur correspondant à 60^{mm} sur la règle est $60^{mm},6$. La différence croît avec l'impulsion [1].

» En résumé, en laissant tomber le rayonnement sur la pile pendant quinze secondes et en lisant l'impulsion par réflexion sur une règle de $0^{m},50$, avec un galvanomètre dont l'amortissement est bien réglé, on obtient une précision qui est en rapport avec la constance des sources les plus fixes. C'est en opérant ainsi que j'ai obtenu les nombres cités dans ma Note du 21 mars dernier (*Comptes rendus*, t. CIV, p. 847). L'intervalle des observations successives était alors de 5 minutes, mais il peut être réduit à 3. S'il s'agit de comparer des rayonnements très voisins, la méthode précédente doit être regardée comme extrêmement exacte ; pour des rayonnements différents entre eux, une graduation du galvanomètre est nécessaire. Notons que ce n'est pas avec une lampe Carcel ni avec une lampe modérateur qu'une Table de graduation peut être effectuée avec certitude ; car, en général, les irrégularités de ces lampes sont de l'ordre de grandeur des écarts à déterminer pour les petites déviations ; l'emploi d'un bec de gaz à pression réglée permet seul de fixer sûrement les différences. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude sur les vanadates alcalins.* Note de M. A. Ditte.

« II. Vanadates de soude. — 1° VO^5NaO. — Le vanadate neutre de soude prend naissance quand on met des équivalents égaux de soude et

---

[1] Un galvanomètre Nobili à cadre d'argent très aplati, sans fente médiane, est celui de mes appareils qui s'est approché le plus de la proportionnalité.

d'acide vanadique en présence; la dissolution cristallise difficilement et dépose le plus souvent, contre les parois du vase, un enduit épais, formé d'aiguilles accolées, et qu'on ne peut purifier. Une évaporation très lente, effectuée sur une quantité notable de liqueur, donne des mamelons hémisphériques translucides, formés d'aiguilles transparentes et fines rayonnant d'un même point; sur les bords du vase se produisent parfois des groupes étoilés formés d'aiguilles isolées qui renferment, comme les mamelons, $VO^5NaO, 4HO$.

» En traitant par un mélange d'eau et d'alcool la solution sirupeuse, si difficile à faire cristalliser, elle se rassemble en une couche huileuse qui ne tarde pas à se solidifier; en reprenant à chaud la masse solide par un mélange d'alcool et d'eau, on obtient une liqueur qui donne, en se refroidissant, de belles aiguilles blanches, soyeuses, brillantes, assemblées en groupes étoilés et renfermant $VO^5NaO, 5HO$.

» Lorsqu'on dissout l'acide vanadique dans son équivalent de carbonate de soude, on obtient encore une liqueur qui se conceutre en un sirop épais, duquel il est difficile de retirer autre chose que des masses cristallines compactes ou des croûtes épaisses; mais, en usant du même artifice que précédemment, cette matière, traitée à 60° environ par un mélange à parties égales d'eau et d'alcool, donne de belles aiguilles blanches, contenant, suivant la température à laquelle elles se déposent, $VO^5NaO, 6HO$ ou $VONaO, 8HO$.

» 2° $2VO^5NaO$. — Une solution bouillante de carbonate de soude dissout un peu plus d'un équivalent d'acide vanadique et donne une liqueur rouge, à la surface de laquelle se forme une croûte jaune clair et mince quand on l'évapore dans le vide. A cette croûte adhèrent de beaux cristaux rouges à reflets dorés, transparents, très nets et faciles à isoler; ils contiennent $2VO^5NaO, 5HO$; on n'en obtient que de faibles quantités à cause de la petite proportion d'acide vanadique que le vanadate neutre de soude est susceptible de dissoudre.

» Mais, si l'on ajoute un peu d'acide acétique au vanadate neutre, de manière à rendre la liqueur acide, elle devient rouge comme du bichromate de potasse; concentrée à chaud, elle donne, par refroidissement lent, des cristaux de deux espèces. Les uns sont de belles aiguilles cannelées, rouge grenat, contenant $2VO^5NaO, 10HO$.

» 3° $3VO^5, 2NaO$. — Les autres sont des tables hexagonales friables et se réduisant en paillettes quand on les comprime; ces dernières sont un nouveau vanadate acide répondant à la formule $3VO^5, 2NaO, 18HO$.

» On peut encore obtenir ce composé en saturant de la soude avec un excès d'acide vanadique, filtrant, ajoutant de l'acide acétique à la liqueur froide, puis évaporant à 50° environ; il se dépose, par refroidissement, des cristaux prismatiques rouges qui renferment $3VO^5, 2NaO, 18HO$ et parfois $16^{éq}$ d'eau seulement.

» 4° $3VO^5NaO$. — Une solution de soude saturée à chaud avec de l'acide vanadique, puis concentrée par l'ébullition, dépose à chaud de belles paillettes rouge orangé brillantes, à reflets dorés; on peut les laver à l'eau froide, qui les dissout peu; leur composition est $3VO^5NaO, 3HO$. La préparation d'une quantité un peu notable de ces cristaux est difficile, car leur production est accompagnée de soubresauts violents qui projettent le liquide hors du vase et qui souvent même déterminent la rupture de ce dernier.

» Tous ces sels acides hydratés perdent leur eau quand on les chauffe, en devenant brun foncé; ils fondent à température plus élevée et laissent, après refroidissement, une masse cristalline foncée de sel anhydre, très peu soluble dans l'eau.

» 5° $VO^5, 2NaO$. — Ce vanadate s'obtient en dissolvant $1^{éq}$ d'acide vanadique dans $2^{éq}$ de soude, puis ajoutant à la liqueur filtrée une petite quantité du même alcali; l'évaporation dans le vide donne lieu, au bout de vingt-quatre heures, à un dépôt abondant de belles lames incolores, transparentes, très brillantes, et présentant la forme d'un hexagone régulier, qui renferment $VO^5, 2NaO, 18HO$. Les cristaux tabulaires peuvent atteindre 1^{cm} de côté; le plus souvent, ils s'assemblent en groupes arrondis de manière à rappeler la disposition des pétales d'une rose. Soumis à l'action de la chaleur, ils fondent en un liquide incolore; puis, l'eau se dégageant peu à peu, il reste une substance blanche qui fond à son tour en un liquide jaune clair; celui-ci laisse en se refroidissant une masse blanche cristalline et déliquescente de sel anhydre.

» On obtient un autre hydrate, lorsque, évaporant à sec la liqueur précédente, on reprend le résidu par un mélange d'eau et d'alcool qui le dissout bien moins que l'eau pure; la liqueur saturée vers 60° dépose, une fois refroidie, des aiguilles blanches brillantes, contenant

$$VO^5, 2NaO, 8HO.$$

» 6° $VO^5, 3NaO$. — Ce composé se produit dans les liqueurs riches en soude; le moyen le plus facile pour le préparer consiste à dissoudre $1^{éq}$ d'acide vanadique dans $3^{éq}$ de soude, puis à évaporer lentement la liqueur.

Il se dépose d'abord des prismes transparents volumineux, incolores, de vanadate bibasique, puis on voit se former des aiguilles blanches, brillantes, soyeuses, souvent réunies en mamelons hémisphériques hérissés de pointes; les aiguilles contiennent $VO^5, 3NaO, 26HO$; les mamelons ne renferment que $24^{éq}$ d'eau.

» 7° $VO^5, 4NaO$. — Toutes les fois qu'on met de l'acide vanadique en présence d'un grand excès de soude et que la dissolution est un peu concentrée, elle se prend, par refroidissement, en une masse cristalline formée d'un lacis de belles aiguilles blanches brillantes, enchevêtrées entre elles de manière à emprisonner tout le liquide; il est cependant facile de les isoler à l'état de pureté, en les abandonnant quelque temps dans l'air sec sur des plaques de porcelaine poreuse, après les avoir lavées avec un peu d'eau froide. Si l'on opère avec une liqueur étendue et qu'on la concentre lentement dans le vide, elle dépose de grands prismes incolores, transparents, qui peuvent atteindre une longueur de 2^{cm}. Tous ces cristaux ont la même composition et contiennent $VO^5, 4NaO, 30HO$. Ceux qui se déposent au milieu d'une liqueur tiède ne renferment que $26^{éq}$ d'eau.

» Soumis à l'action de la chaleur, les cristaux s'effleurissent, puis ils fondent dans leur eau de cristallisation; celle-ci se dégage quand on chauffe davantage; il reste alors une masse blanche de sel anhydre, très soluble dans l'eau, à laquelle elle communique une réaction fortement alcaline; mais cette matière ne fond pas, lors même qu'on la porte au rouge vif. La même chose se passe avec les vanadates de potasse; nous avons vu que le plus difficile à fondre parmi ces sels est précisément celui qui renferme $4^{éq}$ d'alcali. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Du soulèvement des côtes sud-ouest de la Finlande.* Note de M. Venukoff, présentée par M. Daubrée.

« Les levers topographiques, récemment entrepris et exécutés dans la Finlande, ont prouvé, une fois de plus, que les côtes de la mer Baltique y sont soumises à un soulèvement continu. On a comparé les plans topographiques modernes à ceux qui datent de 1810-1815, et l'on a trouvé que plusieurs îles se sont transformées en presqu'îles, parce que le fond des détroits qui les séparaient de la terre ferme s'est élevé considérablement; beaucoup de bas-fonds d'autrefois sont devenus îles ou plages. M. le co-

lonel Bonsdorf, chef du service topographique en Finlande, a recueilli chez les Finlandais plusieurs détails qui prouvent le fait du soulèvement et en donnent même la mesure. Ainsi les habitants du sud-ouest du pays et de l'archipel voisin des îles Alandes lui montrèrent plusieurs endroits qui, il y a à peine quelques années, étaient couverts d'eau et qui servent à présent de pâturages, de jardins potagers et même de champs ; dans plusieurs autres localités, ils lui exprimèrent leur pleine confiance de voir bientôt les détroits et les baies peu profonds se transformer en des plages. L'administration de la Finlande se préoccupe maintenant d'y installer les témoins solides, en pierre ou en fonte, pour mesurer ensuite la rapidité de ce phénomène géologique avec toute l'exactitude désirable. »

M. **M. d'Ocagne** adresse une seconde Note « Sur les péninvariants principaux des formes binaires ».

La séance est levée à 4 heures trois quarts. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 4 avril 1887.

Observations actinométriques faites pendant l'année 1886 *à l'observatoire météorologique de Montpellier; par* M. A. Crova; br. in-4°.

Le magnétisme animal étudié sous le nom de force neurique rayonnante et circulante, etc.; *par* le Dr A. Barety. Paris, Octave Doin, 1887; in-8°. (Renvoi au concours Lallemand.)

Le vaccin de la fièvre jaune. Résultats statistiques; par le Dr Domingos Freire. Rio-de-Janeiro, Leuringer e filhos, 1886; br. in-8°.

Notes et études sur les engrais et amendements marins des côtes de Bretagne; par P. Parize. I. *Dépôts marins.* Saint-Brieuc, Francisque Guyon, 1887; br. in-8°.

Les droits d'entrée chez les Sociétés de secours mutuels; par M. Prosper de Lafitte. Agen, V. Lenthéric, 1887; br. in-8°.

Bulletin du Ministère des Travaux publics. Statistique et législation comparée;

huitième année, tome XV, février 1887. Paris, Imprimerie nationale, 1887; br. in-8°.

Bulletin de la Société zoologique de France pour l'année 1887; XII[e] volume, I[re] Partie, feuilles 1 à 9. Paris, au siège de la Société, 1[er] mars 1887; br. in-8°.

Alphabet des couleurs ou théorie nouvelle de la lumière et des couleurs en figures coloriées; par N. Folmer. Groningue, J.-B. Wolters, 1869; un album et une brochure.

Bulletin de la Société ouralienne d'amateurs des Sciences naturelles; tome X, livr. I, 1887; br. in-8°.

Atti del reale Istituto veneto di Scienze, Lettere ed Arti, dal novembre 1884 *all'ottobre* 1885. Venezia, 1884-1885; 13 tomes in-8°.